

一.

1.共射放大电路

共射放大电路是 BJT 晶体管三种基本组态（共射、共集、共基）中最常用的一种。发射极作为公共端接地，基极输入信号，集电极输出信号。它同时具有电压放大和电流放大能力，功率增益较高。电压增益表达式为 $A_v = -\beta R_c / r_{\pi}$ ，负号表示输出与输入反相。输入阻抗中等（kΩ级），输出阻抗较高（约等于 R_c ）。适用于通用低频放大、音频前置级、开关电路等场景。

2.跨阻放大器

跨阻放大器将电流信号转换为电压信号，通常基于运算放大器构建。输入电流流入运放反相端，由于虚短特性，输入端呈现极低的阻抗（虚地），输入电流全部流过反馈电阻 R_f ，输出电压 $V_{out} = -I_{in} \times R_f$ 。增益量纲是欧姆（Ω）。输入阻抗极低是其最显著特点，非常适合电流源信号（如光电二极管、探测器）的读出。带宽受反馈电阻和寄生电容限制，设计时需权衡增益与带宽。主要用于光电探测器、粒子探测器前端、光纤通信接收机等。

3.电压放大器

电压放大器以电压为输入和输出信号，主要功能是放大电压幅度。理想情况下应具有高输入阻抗（避免加载前级）、低输出阻抗（能够驱动后级）、稳定的增益和足够的带宽。可由运算放大器或晶体管构成，增益可根据需求定制。广泛用于仪表放大、有源滤波器、信号调理、通信系统中频放大等。共射放大电路本质上就是一种电压放大器的实现方式。

4.三者的关系

三种放大器都是实现信号放大，但处理的信号类型不同。跨阻放大器处理电流输入，电压放大器和共射电路处理电压输入。在信号链中，跨阻放大器常作为第一级将电流转换为电压，电压放大器作为第二级进一步放大。共射放大电路是电压放大器的一种经典晶体管实现方案。从本质上看，共射电路也可以视为跨导放大器（V-I 转换）加负载电阻（I-V 转换）的组合，与跨阻放大器有内在联系。

5.主要区别

(1) 输入信号类型不同：跨阻放大器接收电流信号，另外两种接收电压信号。(2) 输入阻抗差异大：跨阻放大器输入阻抗极低（虚地），电压放大器输入阻抗高，共射电路输入阻抗中等。(3) 增益量纲不同：跨阻放大器增益单位是欧姆，其他两种是倍数。(4) 实现器件不同：跨阻放大器通常用运放，共射电路用 BJT，电压放大器两者皆可。

6.应用场景

共射放大电路适用于通用低频放大、音频前置级、开关电路等对带宽要求不高的场合。跨阻放大器专用于电流源信号读出，如光电二极管、APD、PMT、粒子探测器（LGAD、硅探测器）等。电压放大器应用最广泛，包括仪表放大、有源滤波、信号调理、通信中频放大等。在粒子探测器读出系统中，通常第一级用跨阻放大器，第二级用电压放大器，形成完整的信号链。

二.

设计思路：首先是电源部分，因为前级放大的信号非常微弱，很容易被干扰，所以选用 TPS79901 这个低噪声的 LDO 芯片把 5V 降到 2.25V，专门给第一级供电。题目特别强调了电容的非理想特性，因为 500ps 的上升沿包含极高的频率分量，实际的大电容在高频下会因为寄生电感而失效。所以我没有只用一个大电容，而是在 LDO 引脚旁边把 2.2uF、100nF 和 1nF 的电容并联起来，用不同大小的电容分别滤除低频、中频和 GHz 级别的超高频噪声。

其次是 LGAD 的高压偏置端，直接接外部高压会有很大的干扰，所以我加了两级 RC 滤波网络：第一级 10kΩ 配 10nF 用来压制低频纹波，第二级 1kΩ 配 100pF 专门用来滤除空间耦合的高频噪声。

最后是二级放大模块，选用的 GALI-52+ 芯片刚好能满足大约 10 倍的放大要求。这个芯片的特殊之处在于它的直流供电和信号输出共用同一个管脚，所以我设计了一个偏置网络：加了一个 12 欧的电阻来限制静态电流，并且串联了一个 47uH 的电感。这个电感利用了“通直阻交”的特性，既能让直流电正常给芯片供电，又能把放大的高频快脉冲挡住，防止信号漏进电源里，最后信号只能通过 3.3nF 的隔直电容输出到示波器接口。

